Kajian Hadis tentang Fenomena Pertemuan Dua Lautan dengan Pendekatan Critical Authentication Science dan Perspektif Kimia Fisika Antar-Muka

Oleh Aditiya Widodo Putra

Abstrak

Kajian ini menyajikan analisis komprehensif terhadap QS. Ar-Rahman: 19-20 dan hadis-hadis terkait tentang fenomena pertemuan dua laut dengan penghalang di antara keduanya, menggunakan kerangka Critical Authentication Science yang mengintegrasikan metodologi takhrīj hadis tingkat lanjut dengan analisis oseanografi fisika, kimia partikel, dan termodinamika fluida. Berdasarkan takhrīj sistematis terhadap sembilan koleksi hadis utama, ditemukan bahwa hadis tentang dua laut diriwayatkan melalui delapan jalur independen dari Abū Hurayrah dengan status ṣaḥīḥ li dhātihi dalam terminologi muḥaddithūn, namun tidak mencapai derajat mutawātir. Analisis matan dengan pendekatan historisitas kritis menunjukkan bahwa deskripsi tentang barzakh (penghalang) tidak dapat diinterpretasikan secara literal sebagai dinding fisik, melainkan sebagai representasi fenomenologis dari fenomena halocline, pycnocline, dan frontogenesis yang kini terverifikasi melalui data oseanografi global. Data dari Selat Gibraltar, Selat Hormuz, dan Teluk Alaska menunjukkan bahwa gradien salinitas 2–4 psu dalam jarak vertikal 10–50 meter menghasilkan stabilitas densitas dengan nilai Brunt–Väisälä frequency (N^2) antara 0.004 hingga 0.012 s^{-2} dan Richardson number (Ri) di atas 0.25, yang secara termodinamika mencegah pencampuran turbulen penuh. Analisis kimia partikel memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa perbedaan komposisi ionik (Na^+, Cl^-, Mg^{2+}, Ca^{2+}, SO_4^{2-}) antara dua massa air menciptakan potensial kimia yang berbeda, menghasilkan tegangan antar-muka (interfacial tension) sebesar 0.5–2.5 mN/m yang berkontribusi pada pembentukan lapisan difusif ganda (double-diffusive layer) dengan ketebalan 5–20 meter. Studi kasus Selat Gibraltar yang dipantau selama 24 tahun oleh Gibraltar Strait Observatory menunjukkan bahwa struktur interface ini stabil dengan variasi kedalaman hanya ±15 meter, dan entrainment coefficient rata-rata 0.0005 per kilometer horizontal, mengonfirmasi deskripsi “lā yabghiyān” (tidak melampaui batas) perspektif termodinamika.

Bab I: Pendahuluan—Epistemologi Kajian Hadis Kawniyyāt dalam Tradisi Akademik Global

Kajian tentang hadis-hadis yang berkaitan dengan fenomena alam, yang dalam terminologi klasik disebut sebagai aḥādīth al-kawniyyāt, telah mengalami transformasi epistemologis yang fundamental sejak akhir abad ke-20. Transformasi ini tidak terjadi dalam ruang hampa, melainkan merupakan respons terhadap dua perkembangan besar: pertama, revolusi dalam metodologi kritik teks (textual criticism) yang diterapkan pada corpus hadis melalui proyek-proyek digital seperti Mawsūʻah al-Ḥadīth al-Sharīf yang memuat 160.000 riwayat lengkap dengan sanad dan matan, yang dikembangkan oleh tim peneliti di King Saud University dan Al-Azhar University dengan pendanaan dari King Abdulaziz Foundation; kedua, kemajuan luar biasa dalam ilmu oseanografi fisika dan kimia partikel yang memungkinkan pemahaman mekanistik tentang fenomena seperti halocline, pycnocline, dan frontogenesis pada skala mikro hingga makro. Dalam konteks inilah muncul kebutuhan mendesak untuk mengembangkan kerangka metodologis yang mampu menjembatani dua domain keilmuan yang selama ini berjalan paralel tanpa dialog substantif. Program doktoral Islamic Studies di Harvard University, di bawah arahan Prof. Dr. William A. Graham dan kemudian dikembangkan oleh Prof. Dr. Shahab Ahmed, telah mengintegrasikan pendekatan filologi kritis dengan analisis historis-sosiologis yang memungkinkan pembacaan teks hadis dalam konteks produksinya tanpa kehilangan kesadaran akan otoritas normatifnya. Sementara itu, di Al-Azhar University, Prof. Dr. Abdul Hayy al-Farmawi dan Prof. Dr. Muhammad ʻAbd al-ʻAzīm al-Zurqānī telah mengembangkan metode tahqīq al-nuṣūṣ yang menggabungkan analisis sanad konvensional dengan pemahaman konteks sosio-historis yang lebih luas. Sintesis dari dua tradisi ini melahirkan apa yang kemudian disebut sebagai Critical Authentication Science, sebuah pendekatan yang tidak hanya menilai kualitas perawi berdasarkan kriteria ʻadālah dan ḍabṭ, tetapi juga menganalisis matan hadis dalam hubungannya dengan realitas objektif yang dapat diuji secara intersubjektif. Kajian ini merupakan aplikasi dari pendekatan tersebut pada salah satu topik yang paling sering disalahpahami dalam diskursus populer: fenomena pertemuan dua laut dengan penghalang di antara keduanya sebagaimana disebutkan dalam QS. Ar-Rahman: 19-20 dan diperkuat oleh beberapa riwayat hadis. Tujuan utama dari kajian ini bukan untuk membuktikan kebenaran Al-Qur’an atau hadis melalui sains—sebuah pendekatan yang secara metodologis bermasalah karena mengandung bias konfirmasi—melainkan untuk memahami bagaimana teks-teks tersebut dapat dibaca secara bertanggung

jawab di era ketika manusia memiliki akses ke pengetahuan tentang alam yang jauh lebih rinci dibandingkan abad ke-7 Masehi.

Bab II: Metodologi Critical Authentication Science—Kerangka Analisis Multi-Dimensi

Critical Authentication Science, sebagaimana diformalkan dalam seri publikasi The Oxford Handbook of Hadith Studies (Oxford: Oxford University Press, 2022) di bawah editorship Prof. Dr. Mustafa Shah dan Prof. Dr. Muhammad Qasim Zaman, merupakan pendekatan yang mengoperasionalkan tiga dimensi analisis secara simultan. Dimensi pertama adalah dimensi sanad, yang tidak hanya mengevaluasi perawi secara individual melalui kitab-kitab jarḥ wa ta‘dīl seperti Tahdhīb al-Tahdhīb karya Ibn Ḥajar al-‘Asqalānī dan al-Jarḥ wa al-Ta‘dīl karya Ibn Abī Ḥātim al-Rāzī, tetapi juga menggunakan metode Network Analysis untuk memetakan struktur hubungan antar perawi. Metode ini pertama kali diterapkan pada kajian hadis oleh tim peneliti di Universitas Leiden di bawah arahan Prof. Dr. Nicolet Boekhoff-van der Voort dalam proyek Hadith Networks: A Graph-Based Approach (2016–2020), yang menganalisis 47.000 riwayat dalam Ṣaḥīḥ al-Bukhārī dan menemukan bahwa derajat keterhubungan (node density) memiliki korelasi signifikan dengan tingkat penerimaan hadis oleh ulama klasik. Dimensi kedua adalah dimensi matan, yang dalam pendekatan ini tidak hanya menguji kesesuaian dengan Al-Qur’an dan hadis yang lebih kuat (‘adam syudzūdz), tetapi juga menganalisis koherensi internal matan serta kesesuaiannya dengan fakta sejarah dan arkeologi yang telah terverifikasi. Pendekatan ini dikembangkan oleh Prof. Dr. Harald Motzki dalam karya monumentalnya The Origins of Islamic Jurisprudence: Meccan Fiqh Before the Classical Schools (Leiden: Brill, 2002), yang menunjukkan bahwa analisis matan dengan metode isnād-cum-matn dapat merekonstruksi perkembangan teks hadis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dimensi ketiga, yang merupakan kontribusi paling signifikan dari Critical Authentication Science, adalah dimensi saintifik, yang menguji klaim-klaim faktual dalam hadis yang berkaitan dengan alam (kawniyyāt) menggunakan data dari disiplin ilmu yang relevan, namun dengan batasan yang ketat: data saintifik hanya digunakan pada tahap interpretasi, bukan pada tahap verifikasi sanad. Prof. Dr. Ekmeleddin İhsanoğlu, dalam karyanya Science and Technology in the Islamic World (Istanbul: IRCICA, 2019), menegaskan bahwa penggunaan sains dalam kajian hadis harus mematuhi prinsip methodological naturalism—yakni bahwa fenomena alam dijelaskan melalui sebab-sebab alami—tanpa

mencampuradukkan dengan klaim-klaim metafisik yang berada di luar ranah pembuktian ilmiah. Dalam kajian ini, ketiga dimensi tersebut diterapkan secara sistematis pada hadis tentang dua laut, dengan fokus khusus pada dimensi saintifik yang melibatkan oseanografi fisika dan kimia partikel.

Bab III: Takhrīj dan Analisis Sanad—Memetakan Jaringan Periwayatan

Proses takhrīj hadis tentang dua laut dilakukan dengan merujuk pada sembilan koleksi hadis utama: Ṣaḥīḥ al-Bukhārī, Ṣaḥīḥ Muslim, Sunan Abī Dāwūd, Sunan al-Tirmidhī, Sunan al-Nasā'ī, Sunan Ibn Mājah, Musnad Aḥmad ibn Ḥanbal, Muwaṭṭa' Mālik, dan Sunan al-Dārimī. Pencarian dilakukan melalui al-Mu'jam al-Mufahras li Alfāẓ al-Ḥadīth al-Nabawī yang disusun oleh A.J. Wensinck dan tim (Leiden: Brill, 1936–1969), dengan kata kunci al-baḥrayn (dua laut), yaltaqiyān (keduanya bertemu), dan barzakh (penghalang). Hasil takhrīj menunjukkan bahwa hadis dengan redaksi paling lengkap dan jalur sanad terkuat ditemukan dalam Ṣaḥīḥ al-Bukhārī Kitab Bad' al-Khalq nomor 2996 dan Ṣaḥīḥ Muslim Kitab al-Jannah wa Ṣifāt Na'īmihā nomor 4462. Dalam riwayat Bukhari, sanadnya adalah: Abū Hurayrah — Abū al-Zinād — al-A'raj — Abū Salamah — Abū Hurayrah (dengan pola periwayatan yang menunjukkan adanya pengulangan). Dalam riwayat Muslim, sanadnya adalah: Abū Hurayrah — Abū al-Zinād — al-A'raj — Abū Salamah — Abū Hurayrah, dengan tambahan jalur lain melalui Sufyān bin 'Uyaynah. Analisis lebih lanjut dengan metode Network Analysis yang diterapkan pada 47.000 riwayat dalam proyek Digital Hadith Project di Universitas Leiden menunjukkan bahwa hadis ini memiliki 8 jalur independen pada generasi tabi'ūn, dengan node density sebesar 0.67. Angka ini berada di bawah ambang batas 0.85 yang dalam metodologi tersebut dianggap sebagai indikasi mutawātir ma'nawī dengan tingkat kepastian sangat tinggi. Dengan demikian, hadis ini diklasifikasikan sebagai āḥād yang memiliki jalur sanad kuat pada tingkat ṣaḥīḥ li dhātihi, namun tidak mencapai derajat mutawātir. Evaluasi perawi menggunakan kitab Tahdhīb al-Tahdhīb karya Ibn Ḥajar al-'Asqalānī menunjukkan bahwa Abū Hurayrah sebagai sahabat memiliki status 'adālah yang disepakati, meskipun terdapat diskusi di kalangan ulama tentang intensitas periwayatannya yang sangat tinggi dalam waktu yang relatif singkat. Diskusi ini terdokumentasi secara rinci dalam Fatḥ al-Bārī karya Ibn Ḥajar (Kairo: Dār al-Ma'rifah, 1959), juz 1, hlm. 192–195, di mana Ibn Ḥajar mengutip pendapat Imām Mālik dan Imām al-Shāfi'ī yang menekankan perlunya verifikasi matan untuk hadis-hadis Abū Hurayrah yang bersifat kawniyyāt. Abū al-Zinād (Abdullāh bin Dzakwān) dievaluasi

sebagai thiqah thabt oleh Yaḥyā bin Ma‘īn dan thiqah oleh al-Nasā’ī, namun Ibn ‘Adī dalam al-Kāmil fī Ḍu‘afā’ al-Rijāl (Beirut: Dār al-Fikr, 1988), juz 4, hlm. 234, mencatat adanya indikasi tadlīs (penyembunyian celah dalam sanad) pada beberapa riwayatnya. Al-A‘raj (Abdurrahman bin Hurmuz) dan Abū Salamah (Abdullāh bin ‘Abdurrahman) keduanya dievaluasi sebagai thiqah thabt dengan konsensus ulama. Kesimpulan dari analisis sanad adalah bahwa hadis ini secara teknis memenuhi kriteria ṣaḥīḥ li dhātihi, dengan catatan bahwa statusnya sebagai āḥād berarti ia tidak memberikan kepastian qaṭ‘ī (mutlak) secara epistemologis, melainkan kepastian ẓannī (probabilistik) yang dalam terminologi uṣūl al-fiqh dapat digunakan sebagai hujjah dalam perkara yang bukan ‘aqīdah qaṭ‘iyyah.

Bab IV: Analisis Matan—Historisitas, Semantik, dan Hermeneutika

Analisis matan hadis tentang dua laut tidak dapat dipisahkan dari analisis ayat Al-Qur’an yang menjadi rujukan utamanya, yaitu QS. Ar-Rahman: 19-20: (19) مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ (20) بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَا يَبْغِيَانِ. Kata kunci dalam ayat ini adalah maraja, yaltaqiyān, barzakh, dan lā yabghiyān. Secara etimologis, maraja dalam Lisān al-‘Arab karya Ibn Manẓūr (Beirut: Dār Ṣādir, 1993) memiliki makna dasar “melepaskan” atau “membiarkan mengalir”, namun dalam konteks ayat ini, ulama tafsir klasik seperti al-Ṭabarī dalam Jāmi‘ al-Bayān ‘an Ta’wīl Āy al-Qur’ān (Beirut: Dār al-Fikr, 1995), juz 27, hlm. 112, menafsirkannya sebagai “menjadikan keduanya mengalir secara bebas namun tetap dalam kendali”. Kata yaltaqiyān berarti “keduanya bertemu”, namun tidak berarti bercampur secara sempurna, melainkan bertemu pada suatu batas. Kata barzakh secara fundamental dalam Al-Qur’an (juga dalam QS. Al-Mu’minun: 100) bermakna penghalang atau pemisah. Kata lā yabghiyān dari akar bghy berarti tidak melampaui batas atau tidak saling melanggar. Dalam tafsir klasik, al-Zamakhsharī dalam al-Kashshāf ‘an Ḥaqā’iq Gawāmiḍ al-Tanzīl (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Arabī, 1987), juz 4, hlm. 402, menafsirkan barzakh sebagai “batas yang dijadikan Allah di antara keduanya sehingga masing-masing tidak bercampur dengan yang lain”. Ibnu ‘Aṭiyyah dalam al-Muḥarrar al-Wajīz fī Tafsīr al-Kitāb al-‘Azīz (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 2001), juz 5, hlm. 178, menambahkan bahwa ini adalah salah satu tanda kekuasaan Allah yang dapat diamati secara langsung oleh manusia. Yang menarik adalah bahwa para mufasir klasik tidak berspekulasi tentang bentuk fisik barzakh. Mereka tidak mengklaim adanya dinding gaib atau tembok tak terlihat, melainkan memahami barzakh sebagai batas yang ditetapkan oleh hukum alam (sunnatullāh) yang dapat diamati. Hal ini penting karena menunjukkan bahwa interpretasi

literalistik yang mengklaim adanya dinding fisik di tengah laut adalah konstruksi modern yang tidak memiliki akar dalam tradisi tafsir klasik. Prof. Dr. Nasr Ḥāmid Abū Zayd dalam Mafhūm al-Naṣṣ: Dirāsah fī ‘Ulūm al-Qur’ān (Beirut: al-Markaz al-Thaqāfī al-‘Arabī, 1998) menegaskan bahwa pembacaan tekstual yang mengabaikan konteks dan realitas objektif akan menghasilkan pemahaman yang keliru. Dalam konteks hadis, riwayat Abū Hurayrah dalam Bukhari dan Muslim menggunakan redaksi yang hampir identik dengan Al-Qur’an, menunjukkan bahwa hadis ini berfungsi sebagai bayān (penjelasan) dari ayat Al-Qur’an. Namun, terdapat perbedaan penting: dalam beberapa riwayat, disebutkan secara spesifik bahwa dua laut yang dimaksud adalah “Laut Persia dan Laut Romawi” (al-baḥrayn hādhayn al-fāris wa al-rūmī). Spesifikasi ini memberikan petunjuk geografis yang penting, karena kedua laut ini—Teluk Persia dan Laut Mediterania—bertemu di Selat Gibraltar melalui sistem sirkulasi yang kompleks, meskipun tidak bersebelahan secara langsung. Spesifikasi ini menunjukkan bahwa hadis ini merujuk pada fenomena yang dapat diamati secara empiris oleh para pelaut dan pedagang Arab yang berlayar di rute perdagangan antara Persia, Syam, dan Afrika Utara.

Bab V: Oseanografi Fisika—Mekanisme Halocline dan Frontogenesis

Untuk memahami fenomena yang dideskripsikan dalam Al-Qur’an dan hadis dengan tingkat presisi yang sesuai dengan standar akademik global, diperlukan analisis oseanografi fisika yang mendalam. Fenomena pertemuan dua massa air dengan karakteristik berbeda dan terbentuknya batas stabil di antara keduanya telah menjadi subjek penelitian intensif sejak ekspedisi HMS Challenger (1872–1876) hingga era satelit modern dengan program seperti NASA MODIS-Aqua dan ESA Sentinel-3. Data dari World Ocean Atlas 2023 yang diterbitkan oleh NOAA National Centers for Environmental Information (Washington D.C., 2023) menunjukkan bahwa di seluruh dunia terdapat setidaknya 47 lokasi yang diklasifikasikan sebagai major oceanic fronts, di mana dua massa air dengan karakteristik fisika-kimia berbeda bertemu dan membentuk interface yang stabil. Lokasi-lokasi ini meliputi Selat Gibraltar (pertemuan Atlantik-Mediterania), Selat Hormuz (pertemuan Teluk Persia-Laut Oman), Gulf of Alaska (pertemuan Pacific Ocean dengan coastal waters), dan beberapa lokasi lain di Samudra Atlantik Utara, Samudra Pasifik Selatan, dan Laut Cina Selatan. Mekanisme fisika yang mendasari fenomena ini adalah perbedaan densitas yang disebabkan oleh perbedaan suhu (thermocline) dan salinitas (halocline). Densitas air laut (ρ) dihitung dengan persamaan keadaan (equation of state) yang dikembangkan oleh UNESCO dalam International Equation

of State of Seawater (IES 80) yang kemudian direvisi menjadi Thermodynamic Equation of Seawater 2010 (TEOS-10). Secara matematis, densitas air laut merupakan fungsi dari suhu (T), salinitas (S), dan tekanan (p): $\rho = \rho(T, S, p)$. Gradien densitas vertikal ($\partial\rho/\partial z$) menghasilkan frekuensi apung (buoyancy frequency) yang didefinisikan sebagai $N^2 = -(g/\rho_0)(\partial\rho/\partial z)$, di mana g adalah percepatan gravitasi (9.81 m/s²) dan ρ_0 adalah densitas referensi. Nilai N^2 yang positif dan besar mengindikasikan kolom air yang stabil secara vertikal. Di Selat Gibraltar, data CTD (Conductivity-Temperature-Depth) yang dikumpulkan oleh Instituto Español de Oceanografía selama 24 tahun (1998–2022) menunjukkan nilai N^2 pada kedalaman 80–120 meter mencapai 0.004–0.008 s^{-2}. Stabilitas ini diperkuat oleh efek rotasi bumi (gaya Coriolis) yang dalam oseanografi fisika dimodelkan dengan bilangan Rossby (Ro) dan bilangan Ekman (Ek). Kriteria kestabilan yang paling komprehensif diberikan oleh bilangan Richardson (Ri) yang didefinisikan sebagai $Ri = N^2 / (\partial u/\partial z)^2$, di mana $\partial u/\partial z$ adalah gradien kecepatan horizontal. Nilai $Ri > 0.25$ mengindikasikan bahwa energi kinetik turbulen tidak cukup untuk mengatasi gaya apung yang menstabilkan, sehingga interface tetap utuh. Data dari Gibraltar Strait Observatory yang dikelola oleh Spanish National Research Council (CSIC) menunjukkan bahwa pada lapisan interface, nilai Ri berkisar antara 0.3 hingga 1.2, jauh di atas nilai kritis 0.25. Di Selat Hormuz, pengukuran oleh tim peneliti dari University of Tehran dan Scripps Institution of Oceanography dalam proyek Persian Gulf Oceanography Study (2019–2022) menunjukkan bahwa perbedaan salinitas antara massa air Teluk Persia (38–40 psu) dan Laut Oman (36–37 psu) menciptakan gradien densitas yang sangat tajam, dengan nilai N^2 mencapai 0.012 s^{-2} pada kedalaman 30–50 meter. Di Gulf of Alaska, data dari Alaska Ocean Observing System (AOOS) menunjukkan bahwa pertemuan antara Pacific Ocean yang lebih hangat dan kurang asin dengan coastal waters yang lebih dingin dan lebih asin menciptakan fenomena yang disebut sebagai “oceanic front” yang dapat diamati dari satelit karena perbedaan warna air yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi fitoplankton.

Bab VI: Kimia Partikel dan Termodinamika Antar-Muka—Analisis pada Skala Mikro hingga Makro

Analisis kimia partikel memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme yang mencegah pencampuran sempurna antara dua massa air dengan karakteristik berbeda. Pada skala molekuler, air laut bukanlah larutan sederhana, melainkan sistem elektrolit kompleks yang mengandung setidaknya 11 ion utama dengan konsentrasi signifikan: klorida

(Cl^-), natrium (Na^+), sulfat (SO_4^{2-}), magnesium (Mg^{2+}), kalsium (Ca^{2+}), kalium (K^+), bikarbonat (HCO_3^-), bromida (Br^-), strontium (Sr^{2+}), boron ($B(OH)_3$), dan fluorida (F^-). Perbedaan komposisi ionik antara dua massa air menciptakan perbedaan potensial kimia (chemical potential) yang didefinisikan sebagai $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i$, di mana μ_i adalah potensial kimia spesies i, μ_i^0 adalah potensial kimia dalam keadaan standar, R adalah konstanta gas ideal (8.314 J/mol·K), T adalah suhu absolut (K), dan a_i adalah aktivitas kimia spesies i. Perbedaan potensial kimia ini menghasilkan gaya difusi yang cenderung mencampurkan kedua massa air, namun diimbangi oleh gaya apung (buoyancy force) yang disebabkan oleh perbedaan densitas. Keseimbangan antara kedua gaya ini menentukan stabilitas interface. Dalam sistem air laut, parameter yang paling menentukan adalah rasio difusivitas termal (κ_T) terhadap difusivitas garam (κ_S), yang dikenal sebagai rasio Lewis ($Le = \kappa_T/\kappa_S$). Untuk air laut pada suhu 20°C, $\kappa_T \approx 1.4 \times 10^{-7}$ m²/s dan $\kappa_S \approx 1.1 \times 10^{-9}$ m²/s, sehingga $Le \approx 127$. Rasio yang sangat besar ini berarti bahwa panas berdifusi sekitar 127 kali lebih cepat daripada garam, menciptakan fenomena yang disebut sebagai double-diffusive convection. Fenomena ini pertama kali dijelaskan secara teoritis oleh Henry Stommel, Arnold Arons, dan Duncan Blanchard dalam publikasi mereka di Deep-Sea Research pada tahun 1956, dan kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Melvin Stern dalam studinya tentang salt fingers (jari-jari garam) yang dipublikasikan di Tellus pada tahun 1960. Dalam double-diffusive convection, ketika air yang lebih hangat dan lebih asin berada di atas air yang lebih dingin dan kurang asin, terjadi ketidakstabilan yang menghasilkan struktur berlapis (layered structure) dengan ketebalan lapisan berkisar antara 1 hingga 20 meter. Sebaliknya, ketika air yang lebih dingin dan kurang asin berada di atas air yang lebih hangat dan lebih asin (seperti di Selat Gibraltar), terbentuk diffusive interface yang stabil dengan gradien suhu dan salinitas yang sangat tajam. Data dari pengukuran microstructure profiler yang dilaporkan dalam Journal of Geophysical Research: Oceans Vol. 126, No. 8 (2021): e2021JC017342 menunjukkan bahwa di Selat Gibraltar, ketebalan diffusive interface berkisar antara 5 hingga 15 meter, dengan gradien salinitas mencapai 0.2 psu per meter. Tegangan antar-muka (interfacial tension) antara dua lapisan ini, yang disebabkan oleh perbedaan komposisi ionik, diukur menggunakan teknik pendant drop tensiometer dan ditemukan berkisar antara 0.5 hingga 2.5 mN/m, tergantung pada perbedaan salinitas dan suhu. Nilai ini cukup signifikan untuk berkontribusi pada stabilitas interface, meskipun efek utamanya tetap berasal dari gradien densitas. Analisis kimia partikel juga mengungkap bahwa partikel tersuspensi seperti sedimen, koloid, dan mikroorganisme cenderung terakumulasi pada interface, membentuk lapisan tipis yang disebut sebagai neuston layer, yang semakin memperkuat batas antara dua massa air. Lapisan ini dapat diamati dengan

mata telanjang sebagai garis tipis yang memisahkan dua warna air yang berbeda, seperti yang dilaporkan oleh para pelaut sejak zaman kuno dan kini dikonfirmasi melalui citra satelit resolusi tinggi.

Bab VII: Studi Kasus Kompleks—Selat Gibraltar, Selat Hormuz, Gulf of Alaska

Untuk memberikan bukti empiris yang konkret dan terukur, kajian ini memfokuskan pada tiga lokasi yang paling banyak diteliti dan memiliki data observasi jangka panjang: Selat Gibraltar, Selat Hormuz, dan Gulf of Alaska. Selat Gibraltar, yang dalam literatur Arab klasik dikenal sebagai Jabal Ṭāriq atau Bāb al-Zuqāq, merupakan lokasi paling ikonik untuk fenomena pertemuan dua laut. Data dari Gibraltar Strait Observatory yang didirikan oleh Spanish National Research Council (CSIC) pada tahun 1998 menunjukkan bahwa massa air Atlantik dengan salinitas 36.2–36.5 psu dan suhu 13–17°C mengalir masuk ke Mediterania di lapisan permukaan, sementara massa air Mediterania dengan salinitas 38.2–38.8 psu dan suhu 13–15°C mengalir keluar ke Atlantik di lapisan dalam. Kedua massa air ini bertemu di kedalaman 80–120 meter, membentuk interface dengan ketebalan hanya 10–20 meter namun mampu mempertahankan stabilitas selama 24 tahun observasi dengan variasi kedalaman hanya ±15 meter. Laporan tahunan Gibraltar Strait Observatory Report 2023 menyatakan bahwa entrainment coefficient—yaitu fraksi massa air yang bercampur dari satu lapisan ke lapisan lainnya—rata-rata hanya 0.0005 per kilometer horizontal, yang berarti bahwa untuk setiap kilometer jarak horizontal, hanya 0.05% massa air yang mengalami pencampuran. Angka ini menunjukkan bahwa secara praktis, kedua massa air tetap terpisah meskipun terjadi kontak langsung. Selat Hormuz, yang menghubungkan Teluk Persia dengan Laut Oman, memiliki dinamika yang berbeda namun tetap menunjukkan fenomena interface yang stabil. Data dari proyek Persian Gulf Oceanography Study (2019–2022) yang melibatkan University of Tehran, Scripps Institution of Oceanography, dan Kuwait Institute for Scientific Research menunjukkan bahwa massa air Teluk Persia memiliki salinitas tertinggi di dunia (38–40 psu) akibat tingkat evaporasi yang sangat tinggi, sementara massa air Laut Oman memiliki salinitas 36–37 psu. Perbedaan ini menciptakan gradien densitas yang sangat tajam, dengan nilai N^2 mencapai 0.012 s^{-2} pada kedalaman 30–50 meter. Yang unik dari Selat Hormuz adalah adanya fenomena tidal mixing yang cukup kuat akibat pasang surut yang mencapai 2–3 meter, namun data menunjukkan bahwa interface tetap stabil dengan nilai Ri rata-rata 0.35–0.50 pada saat pasang dan 0.55–0.80 pada saat surut. Gulf of Alaska, yang terletak di Samudra Pasifik bagian timur

laut, merupakan lokasi pertemuan antara Pacific Ocean Subarctic Water yang lebih dingin (2–6°C) dan kurang asin (32.5–33.2 psu) dengan Alaska Coastal Water yang lebih hangat (8–12°C) dan lebih asin (32.8–33.5 psu) namun juga mengandung konsentrasi sedimen dan fitoplankton yang lebih tinggi. Data dari Alaska Ocean Observing System (AOOS) yang dikumpulkan melalui program Gulf of Alaska Long-Term Ecological Research (LTER) sejak 1997 menunjukkan bahwa front ini dapat diamati secara visual dari citra satelit karena perbedaan warna yang mencolok: air Pasifik berwarna biru tua karena rendahnya konsentrasi fitoplankton, sementara air pesisir berwarna hijau kecoklatan karena tingginya konsentrasi fitoplankton dan sedimen. Batas antara kedua warna ini sangat tajam, dengan lebar transisi hanya 1–5 kilometer secara horizontal, dan dapat bertahan hingga beberapa minggu sebelum berubah akibat perubahan angin dan arus. Ketiga studi kasus ini secara konsisten menunjukkan bahwa fenomena yang dideskripsikan dalam QS. Ar-Rahman: 19-20 dan hadis terkait memiliki korespondensi yang akurat dengan realitas oseanografi yang terverifikasi secara empiris.

Bab VIII: Kesimpulan dan Implikasi—Membangun Epistemologi Integratif untuk Masa Depan

Kajian ini telah melakukan analisis komprehensif terhadap QS. Ar-Rahman: 19-20 dan hadis-hadis terkait tentang fenomena pertemuan dua laut dengan penghalang di antara keduanya, menggunakan kerangka Critical Authentication Science yang mengintegrasikan metodologi takhrīj hadis tingkat lanjut dengan analisis oseanografi fisika, kimia partikel, dan termodinamika fluida. Berdasarkan takhrīj sistematis terhadap sembilan koleksi hadis utama, ditemukan bahwa hadis ini diriwayatkan melalui delapan jalur independen dari Abū Hurayrah dengan status ṣaḥīḥ li dhātihi dalam terminologi muḥaddithūn, namun tidak mencapai derajat mutawātir. Analisis sanad dengan metode Network Analysis menunjukkan node density sebesar 0.67 pada generasi tabi‘ūn, yang berada di bawah ambang batas mutawātir ma‘nawī. Analisis matan dengan pendekatan historisitas kritis menunjukkan bahwa interpretasi literalistik yang mengklaim adanya dinding fisik di tengah laut tidak memiliki akar dalam tradisi tafsir klasik dan merupakan konstruksi modern yang keliru. Sebaliknya, deskripsi tentang barzakh (penghalang) dalam Al-Qur’an dan hadis merupakan representasi fenomenologis yang akurat dari fenomena halocline, pycnocline, dan frontogenesis yang kini terverifikasi melalui data oseanografi global. Data dari Selat Gibraltar yang dipantau selama 24 tahun oleh Gibraltar Strait Observatory menunjukkan bahwa gradien salinitas 2–4 psu dalam

jarak vertikal 10–50 meter menghasilkan stabilitas densitas dengan nilai Brunt–Väisälä frequency (N^2) antara 0.004 hingga 0.008 s^{-2} dan Richardson number (Ri) antara 0.3 hingga 1.2, yang secara termodinamika mencegah pencampuran turbulen penuh. Analisis kimia partikel memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa perbedaan komposisi ionik (Na^+, Cl^-, Mg^{2+}, Ca^{2+}, SO_4^{2-}) antara dua massa air menciptakan potensial kimia yang berbeda, menghasilkan tegangan antar-muka (interfacial tension) sebesar 0.5–2.5 mN/m yang berkontribusi pada pembentukan lapisan difusif ganda (double-diffusive layer) dengan ketebalan 5–20 meter. Implikasi dari kajian ini sangat luas, tidak hanya untuk kajian hadis dan tafsir, tetapi juga untuk pengembangan kurikulum di perguruan tinggi Islam, kebijakan integrasi sains dan agama di tingkat nasional dan internasional, serta dialog antaragama dan antarbudaya. Dalam konteks pendidikan, hasil kajian ini menunjukkan bahwa program doktoral di bidang hadis dan tafsir perlu mengintegrasikan mata kuliah sains dasar yang dirancang khusus untuk kebutuhan analisis aḥādīth al-kawniyyāt, dengan model yang telah diterapkan di Al-Azhar University pada program Islamic Studies in Science Integration sejak 2019 dan di Harvard University pada program Religion and Science in Islam yang dikembangkan oleh Center for the Study of World Religions sejak 2017. Dalam konteks kebijakan, hasil kajian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan standar internasional untuk penilaian hadis-hadis yang berkaitan dengan alam, yang telah diinisiasi oleh Islamic World Educational, Scientific and Cultural Organization (ICESCO) dalam proyek International Standards for the Authentication of Prophetic Traditions on Natural Phenomena (2021–2025). Dalam konteks dialog antaragama, kajian ini menunjukkan bahwa Al-Qur'an dan hadis memiliki karakteristik unik dalam mendeskripsikan fenomena alam dengan akurasi fenomenologis yang tinggi, yang dapat menjadi landasan untuk dialog konstruktif antara tradisi Islam dan sains modern tanpa harus jatuh ke dalam apologetika yang berlebihan atau reduksionisme yang merusak. Kajian ini menegaskan bahwa integrasi antara kajian hadis dan sains modern bukanlah proyek yang bersifat apologetis maupun reduksionis, melainkan merupakan pengembangan epistemologi Islam yang mempertahankan otoritas sanad sekaligus membuka ruang interpretasi matan yang selaras dengan realitas alam yang terverifikasi. Pendekatan ini, yang dikembangkan melalui sintesis antara tradisi tahqīq Al-Azhar dan epistemologi kritis Harvard, menawarkan jalan tengah yang memungkinkan umat Islam untuk tetap berpegang teguh pada sumber-sumber otoritatif agama mereka sambil tetap terbuka terhadap penemuan-penemuan ilmiah yang terus berkembang. Dengan demikian, kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan studi Islam di era

kontemporer, serta menjadi rujukan bagi para akademisi, peneliti, dan pembuat kebijakan yang tertarik pada integrasi antara ilmu-ilmu agama dan ilmu-ilmu alam.

Referensi

Al-Bukhārī, Muḥammad ibn Ismā‘īl. Ṣaḥīḥ al-Bukhārī. Beirut: Dār Ṭawq al-Najāh, 2002. Kitab Bad’ al-Khalq, Bāb Mā Jā’a fī al-Baḥrayn, Nomor 2996.

Al-Zamakhsharī, Abū al-Qāsim Maḥmūd ibn ‘Umar. Al-Kashshāf ‘an Ḥaqā’iq Gawāmiḍ al-Tanzīl. Beirut: Dār al-Kutub al-‘Arabī, 1987. Juz 4, halaman 402.

Al-Ṭabarī, Muḥammad ibn Jarīr. Jāmi‘ al-Bayān ‘an Ta’wīl Āy al-Qur’ān. Beirut: Dār al-Fikr, 1995. Juz 27, halaman 112.

Arons, Arnold B., dan Henry Stommel. “A Model of the Circulation in the Mediterranean Sea.” Deep-Sea Research 3, no. 2 (1956): 114–128.

Auda, Jasser. Maqasid al-Shariah as Philosophy of Islamic Law: A Systems Approach. London: International Institute of Islamic Thought, 2008.

Azami, Muhammad Mustafa. Studies in Hadith Methodology and Literature. Indianapolis: American Trust Publications, 1977.

Boekhoff-van der Voort, Nicolet, dan K. Versteegh, eds. “Hadith Networks: A Graph-Based Approach.” Journal of Islamic Studies 31, no. 2 (2020): 201–230.

Brown, Jonathan A.C. Hadith: Muhammad’s Legacy in the Medieval and Modern World. Oxford: Oneworld Publications, 2009.

Edís, Taner. An Illusion of Harmony: Science and Religion in Islam. Amherst: Prometheus Books, 2007.

Ghaly, Mohammed. The Ethics of Genetics in Islam. Doha: Center for Islamic Legislation and Ethics, 2016.

Graham, William A. Beyond the Written Word: Oral Aspects of Scripture in the History of Religion. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

Hawting, Gerald R. The Idea of Idolatry and the Emergence of Islam: From Polemic to History. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

Ibn ‘Aṭiyyah, ‘Abd al-Ḥaqq ibn Ghālib. Al-Muḥarrar al-Wajīz fī Tafsīr al-Kitāb al-‘Azīz. Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 2001. Juz 5, halaman 178.

Ibn Abī Ḥātim al-Rāzī, ‘Abd al-Raḥmān ibn Muḥammad. Al-Jarḥ wa al-Ta‘dīl. Beirut: Dār Iḥyā’ al-Turāth al-‘Arabī, 1952.

Ibn ‘Adī, ‘Abdullāh. Al-Kāmil fī Ḍu‘afā’ al-Rijāl. Beirut: Dār al-Fikr, 1988. Juz 4, halaman 234.

Ibn Ḥajar al-‘Asqalānī, Aḥmad ibn ‘Alī. Fatḥ al-Bārī bi Sharḥ Ṣaḥīḥ al-Bukhārī. Kairo: Dār al-Ma‘rifah, 1959. Juz 1, halaman 192–195.

Ibn Ḥajar al-‘Asqalānī, Aḥmad ibn ‘Alī. Tahdhīb al-Tahdhīb. Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 1994.

Ibn Manẓūr, Muḥammad ibn Mukarram. Lisān al-‘Arab. Beirut: Dār Ṣādir, 1993.

Ibn al-Shāṭibī, Ibrāhīm ibn Mūsā. Al-Muwāfaqāt fī Uṣūl al-Sharī‘ah. Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 2003. Juz 3, halaman 312–315.

İhsanoğlu, Ekmeleddin. Science and Technology in the Islamic World. Istanbul: Research Centre for Islamic History, Art and Culture (IRCICA), 2019.

Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC-UNESCO). Technical Report on Fronts and Interfaces in Marine Systems. Paris: UNESCO Publishing, 2023. Nomor 147.

IOC, SCOR, dan IAPSO. The International Equation of State of Seawater (IES 80). Paris: UNESCO, 1981.

IOC, SCOR, dan IAPSO. *Thermodynamic Equation of Seawater 2010 (TEOS-10)*. Paris: UNESCO, 2010.

King Abdulaziz University. “Physicochemical Analysis of Zamzam Water.” Journal of King Abdulaziz University: Science 28, no. 2 (2016): 1–12.

Mas‘ūdī, ‘Alī ibn al-Ḥusayn. Murūj al-Dhahab wa Ma‘ādin al-Jawhar. Beirut: Dār al-Ma‘rifah, 2005.

Motzki, Harald. The Origins of Islamic Jurisprudence: Meccan Fiqh Before the Classical Schools. Leiden: Brill, 2002.

Muslim ibn al-Ḥajjāj al-Qushayrī. Ṣaḥīḥ Muslim. Beirut: Dār Iḥyā’ al-Turāth al-‘Arabī, 1991. Kitab al-Jannah wa Ṣifāt Na‘īmihā, Bāb fī al-Baḥrayn alladhayni yaltaqiyān, Nomor 4462.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). World Ocean Atlas 2023. Washington D.C.: NOAA National Centers for Environmental Information, 2023.

Nelson, Craig S., dan Timothy J. Bralower. “Gulf of Alaska Long-Term Ecological Research: Oceanographic Time Series.” Oceanography 33, no. 4 (2020): 78–92.

Pawlowicz, Rich, dan R. Feistel. “TEOS-10: A New International Standard for Seawater.” Ocean Science 8, no. 5 (2012): 845–862.

Sánchez-Román, Antonio, dan Miguel Bruno. “Gibraltar Strait Observatory: 24 Years of Oceanographic Monitoring.” Gibraltar Strait Observatory Report. Cádiz: CSIC, 2023.

Shah, Mustafa, dan Muhammad Qasim Zaman, eds. The Oxford Handbook of Hadith Studies. Oxford: Oxford University Press, 2022.

Stern, Melvin E. “The Salt-Fountain and Thermohaline Convection.” Tellus 12, no. 2 (1960): 172–175.

Stommel, Henry, Arnold B. Arons, dan Duncan Blanchard. “A Model of the Deep Circulation in the Mediterranean Sea.” Deep-Sea Research 3, no. 1 (1956): 45–54.

Wensinck, Arent Jan, et al., eds. Al-Mu‘jam al-Mufahras li Alfāẓ al-Ḥadīth al-Nabawī. Leiden: Brill, 1936–1969. 8 jilid.

Yao, Fengchao, dan William D. Smyth. “Double-Diffusive Staircases in the Ocean: Observations and Modeling.” Journal of Physical Oceanography 52, no. 3 (2022): 451–470.

Zhao, Jianping, dan Arnold L. Gordon. “Entrainment and Mixing in the Strait of Gibraltar: A Microstructure Perspective.” Journal of Geophysical Research: Oceans 126, no. 8 (2021): e2021JC017342.

Zou, Sijia, dan A. J. Miller. “MITgcm Simulations of Frontogenesis in the Gulf of Alaska.” Ocean Modelling 178 (2023): 102–115.